

MEASURING CARD FOR ELECTRICAL IMPEDANCE TOMOGRAPHY

Martin Balajka

Bachelor 1, FEEC BUT

E-mail: xbalaj04@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Jan Dušek

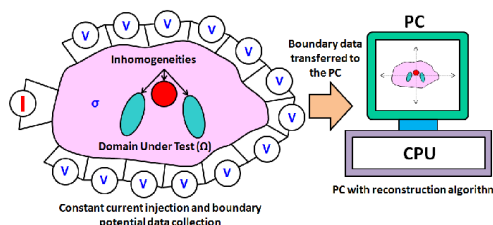
E-mail: xdusek19@stud.feec.vutbr.cz

Abstract: This project aims to design and to implement measuring card for electrical impedance tomography (EIT). The main function of the card is to switch the voltage measuring electrodes and to select the feeding current polarity on any tomography electrode. The commonly used commercial cards utilize the relays. The main problems of this approach are speed of the switching, self-consumption, size and signal noise. Our solution consists in utilizing the MOSFET technology with optocoupler to isolate the feeding and measuring electrodes galvanically. The MOSFET optocouplers are driven by the shift registers controlled by the Raspberry Pi Zero embedded system.

Keywords: Electrical impedance tomography, MOSFET, Shift register, Raspberry Pi.

1 ÚVOD

EIT (Electrical impedance tomography) EIT je nedeštruktívna diagnostická metóda pre rekonštrukciu rozloženia impedancie vnútri sledovaného objektu. Pre rekonštrukciu obrazu je potrebné priviesť prúdové budenie a zároveň merať harmonické napätie na elektródach umiestnených ekvidistančne na povrchu objektu. Z meraných napätí je následne rekonštruované rozloženie impedancie pomocou inverznej úlohy.



Obrázek 1: Schéma snímání hraničního potenciálu. [2]

Úlohou projektu je navrhnuť a realizovať elektrické zapojenie, ktoré by bolo schopné ľubovoľne prepínať jednotlivý pól prúdového zdroja alebo merača napätia na ľubovoľnú sondu tak, ako je na obrázku č. 1.

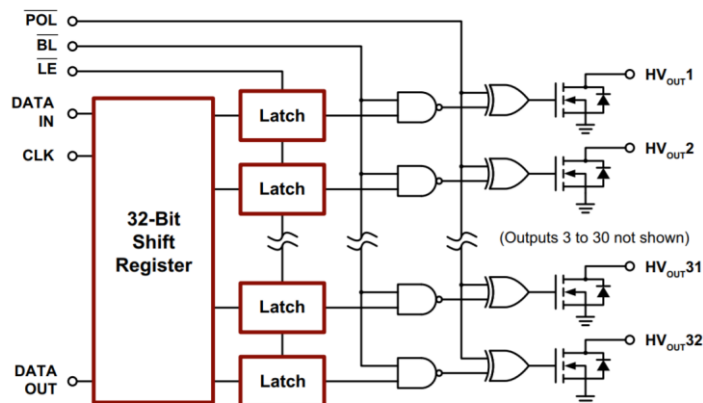
2 RIEŠENIE ZAPOJENIA A REALIZÁCIA MERACEJ KARTY

Riešenie a návrh zapojenia vychádza z niekoľko bodov, ktoré sú zhrnuté v nasledujúcich podkapitolách:

2.1 SPÍNANIE MOSFETOV

Pre spínanie 64 MOSFETov pre jednu dosku je využitý 2×32 bit posuvný register HV5530. Tento posuvný register ktorý je riadený tromi signálmi (data in, clock, latch enable) umožňuje spínať 32 výstupov voči zemi. Ďalšie posuvné radiče sú zapojené do série prepojením s data out do data in. Tento čip umožňuje ešte zmeniť riadiacu polaritu (pre spínanie výstupu z logickej 1 na logickej 0 a

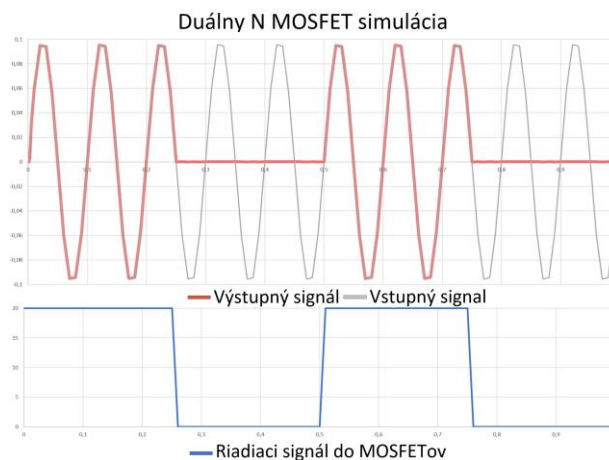
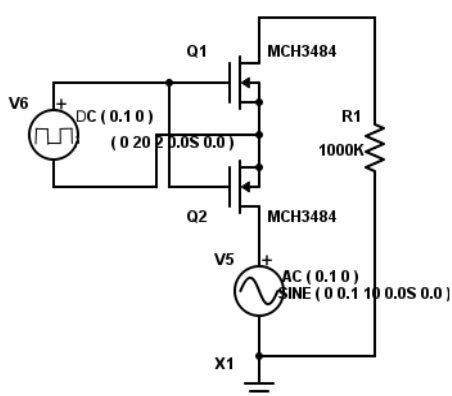
opačne) a hromadne vypnúť alebo zapnúť výstupy. Vnútorne zapojenie je znázornené na obrázku č.2.



Obrázek 2: HV5530 vnútorné zapojenie. [3]

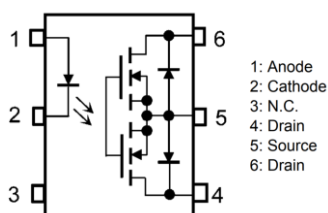
2.2 SPÍNANIE NAPÄTIA S NEURČITOU POLARITOU A GALVANICKÉ ODDELENIE

Pre spínanie ľubovoľného pólu zdroja prúdu alebo merača napätia bolo nutné použiť zapojenie MOSFETov, ktoré sú určené pre spínanie striedavého napätia, viz obrázok č. 3. Toto zapojenie bolo otestované simuláciou, pri spínaní sínusoidy (šedý graf) s amplitúdou 0.1V a frekvenciou 10Hz pulzným signálom (modrý graf) o frekvencii 5Hz. Výsledkom tohto bol graf červený na ktorom je možné pozorovať, že po vypnutí vstupného signálu, sa na výstup nedostala ani kladná, ani záporná časť sínusoidy. Rezistor na výstupe reprezentoval umelú záťaž pre umožnenie simulácie.



Obrázek 3: Simulácia spínania striedavého napätia.

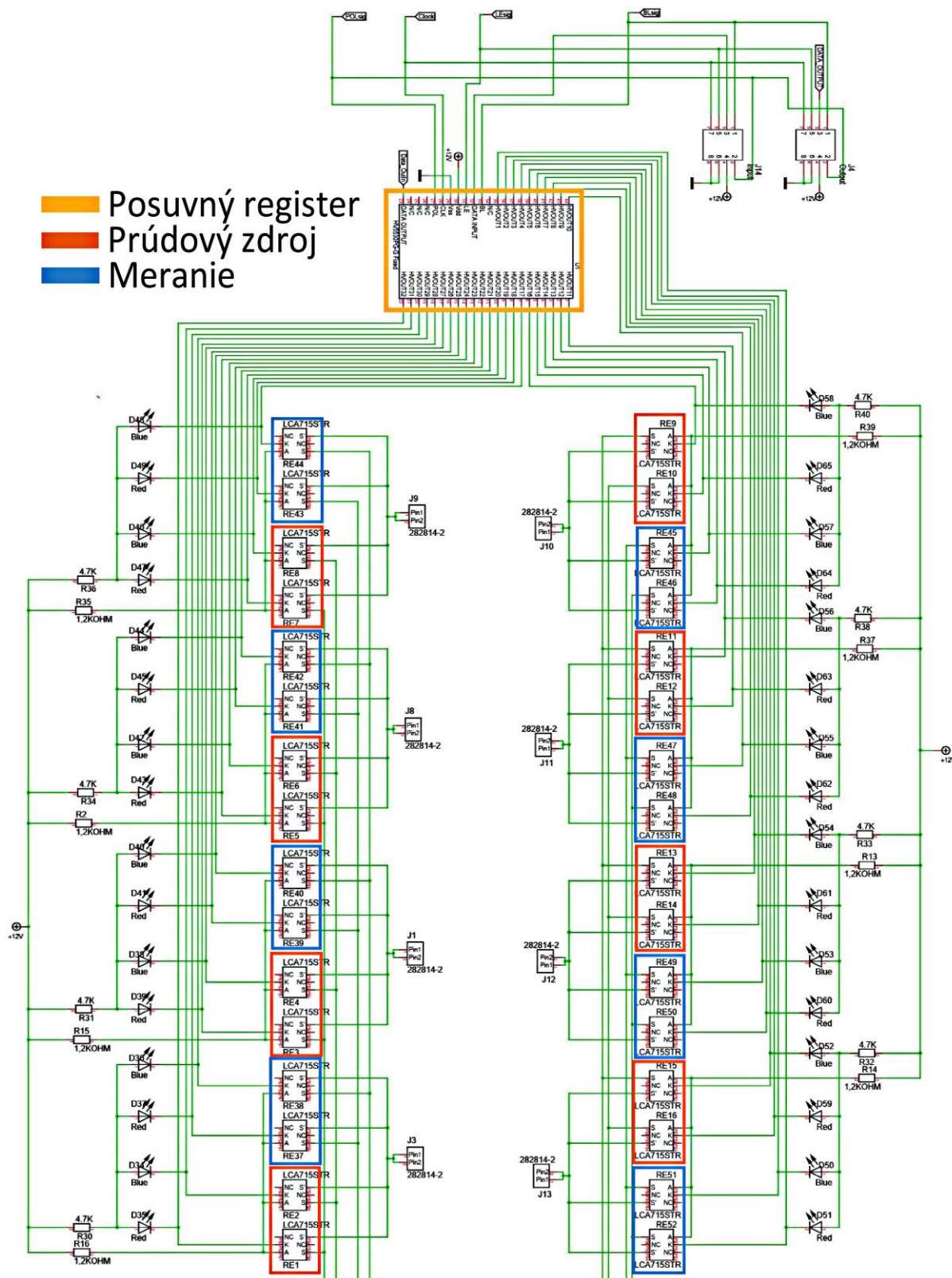
Pre bezpečnosť riadiaceho systému bolo nutné použiť galvanické oddelenie, ktoré je vyriešené použitím dvojice MOSFETov s riadením cez optočlen. Túto vlastnosť umožňuje čip TLP3545A. Z tohto čipu je katóda(pin č. 2) spínaná cez posuvný register(podkapitola 2.1) voči zemi. Anóda (pin č. 1) je napojená cez rezistor na 12V. Každý čip má svoju LED signalizáciu.



Obrázek 4: Vnútorne zapojenie TLP3545A. [1]

2.3 ČIASTOČNÁ SCHÉMA ZAPOJENIA

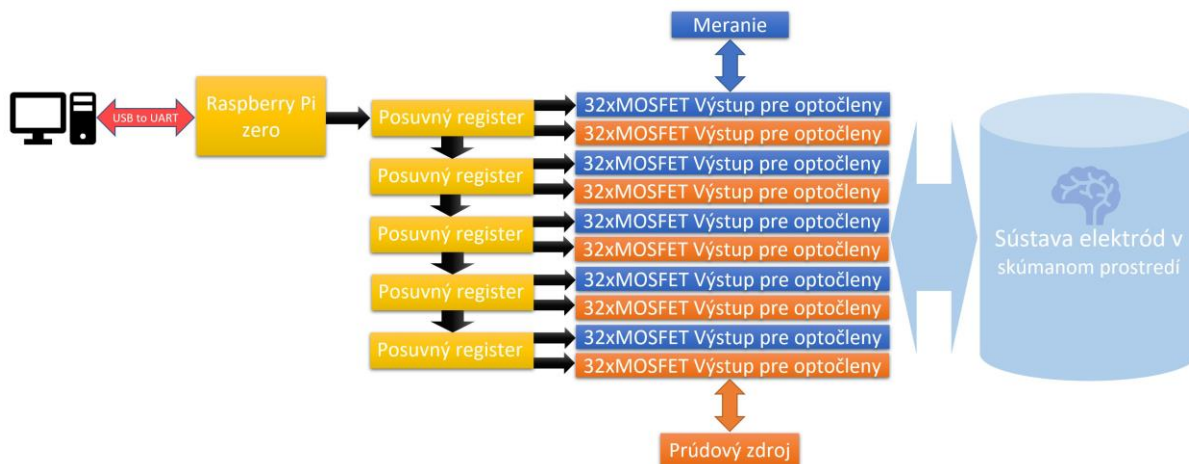
Toto zapojenie jednej meracej karty umožňuje pripojenie 16 meracích sond. Maximálny prúd na 1 sondu je 4A a maximálne 60V. Čas zopnutia jedného spínacieho čipu je 0.5ms a vypnutie 0.1ms.



Obrázek 5: Čiastočná schéma zapojenia meracej karty.

2.4 LOGIKA RIADENIA A KOMUNIKÁCIA S PC CEZ ROZHRANIE UART

Pre jednoduché riadenie je využívané Raspberry Pi zero, ktoré umožňuje komunikovať s PC cez UART a zároveň riadiť posuvné registre. Táto komunikácia umožňuje ľubovoľne si zvoliť meracie/napájacie sondy ktoré sa nachádzajú v meracej sústave-nádobe. Riadiaci algoritmus je napísaný v Pythone.



Obrázek 6: Bloková schéma riadenia a komunikácie s PC.

2.5 NÁVRH PLOŠNÉHO SPOJA

DPS meracej karty je 4-vrstvová s rozmerom 180x180mm. Počet ciest 532, počet vŕtaných dier 596 a najtenšia cesta 0.3mm. Celkové zapojenie obsahuje 1 až viac meracích kariet a jednu IO dosku pre privedenie prúdového zdroja, merania napätia a riadiaceho signálu z Raspberry Pi zero.

3 ZÁVER

Pri riešení tohoto projektu sa kládol dôraz na možnosť ľubovoľne nakombinovať prúdový zdroj spolu s meraním napätia a na nízky prechodový odpor. Tieto dva dôležité faktory umožňujú z viacerých meraní presne rekonštruovať rozloženie impedancie vnútri skúmaného prostredia. Meracia karta bude využitá v ďalšom výskume nedeštruktívnych diagnostických metód napríklad pri skúmaní zemného podlažia vodných diel.

REFERENCIE

- [1] TLP3545A Data sheet. semicon-storage.com [online]. 2017 [cit. 2019-02-24]. Dostupné z: <http://toshiba.semicon-storage.com/info/docget.jsp?did=60318&prodName=TLP3545A>
- [2] BERA, Tushar Kanti, Atanu CHOWDHURY, Hiranmoy MANDAI, Kalyan KAR, Animesh HAIDER a Jampana NAGARAJU. Thin domain wide electrode (TDWE) phantoms for Electrical Impedance Tomography (EIT). Wwww.semanticscholar.org [online]. 2015 [cit. 2019-02-24]. Dostupné z: [https://www.semanticscholar.org/paper/Thin-domain-wide-electrode-\(TDWE\)-phantoms-for-Bera-Chowdhury/43f20ea8802bf4dae40956a32b96d20ba5b46a93](https://www.semanticscholar.org/paper/Thin-domain-wide-electrode-(TDWE)-phantoms-for-Bera-Chowdhury/43f20ea8802bf4dae40956a32b96d20ba5b46a93)
- [3] HV5530. Microchip.com [online]. 2017 [cit. 2019-02-24]. Dostupné z: <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/20005851A.pdf>